

酸素ガス発生装置の コスト削減効果

陸上施設による魚介類の種苗生産や養殖では、飼育水の溶存酸素(Dissolved Oxygen; 以下DO)濃度が収容密度や生産量に大きく影響します。また、水温調整などのために飼育水を反復使用する場合は一次使用で低下したDO濃度を高める必要があります。酸素富化には様々なやり方があり、ポンペに充填された酸素ガスや液体酸素を用いている例も少なくありませんが、新たなコストも発生します。この酸素富化コストを、酸素ガス発生装置の利用によって低減する手法について提案させていただきます。文中に度々登場する発生量の単位NL(ノルマルリットル)は、大気圧0.1013MPa、温度0°C、相対湿度0%の条件下で測定された学術的な値です。例えば、同じ大気圧、温度20°C、相対湿度65%の条件下では、1NL≒1.079Lになります。

水産分野での酸素ガス発生装置利用の経過

コフロック株式会社は1949年に創業し、今年で75周年を迎えます。「温故知新」を社是とし、気体・液体の流量計測・制御技術を磨きながら、「流体を科学する」メーカーとしてガスや液体の流量計、制御バルブ、ガス発生装置等を、世界中のモノづくり、研究開発、医療など様々なシーンに供給しています。

酸素ガス発生装置は、大気(空気)から窒素と酸素を分離し効率的に酸素を濃縮して取り出す装置です。助燃や水処理等の工業向けのみならず、水産分野でも採用されるようになり、弊社の水産向け出荷実績はすでに300台以上、対象魚種もトラフグ、ヒラメ、

漁崎 重文 (りょうざき しげふみ)

コフロック株式会社FS営業部

マダイ、ウナギ、コイ、サーモン、アユ、マサバ、クエ・マハタ、バナメイエビなど多岐にわたっていますので、まずはその普及経過を振り返りたいと思います。

当該装置は、吸着剤を充填した吸着塔内へ空気を供給し、加圧-減圧を繰り返すことで酸素を分離・濃縮するタイプであり(図1)、PSA (Pressure Swing Adsorption) 方式と呼ばれていますので、以下ではPSAと記します。

1) 種苗生産場での小型PSAの採用

1990年代初頭、西日本で魚類の種苗生産が盛んに行われていた頃、長崎県内のある種苗生産場で弊社のPSAを利用してヒラメの種苗生産が行われ、その後、数年の間に小型PSA(コンプレッサ内蔵型、純度90%、発生量5NL/min、吐出圧力0.1Ma、消費電力100V・1kW)が多くの種苗生産場に採用されました。

それ以前には、酸素ガスボンベ(7m³)を用いる選択

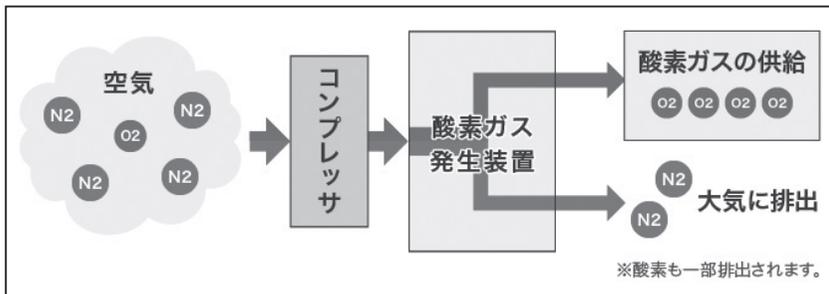


図1 酸素ガス発生装置(PSA方式)の原理

空気中の約78%が窒素、約20%が酸素です。酸素ガス発生装置内では加圧-減圧を繰り返し、吸着剤によって酸素以外のガスを選択吸着します。

肢がありましたが、種苗生産時は連続的に酸素を供給する必要があり、毎分約5NLで使用すると24時間でポンプ1本を使い切ることになります。それだとかかなりの出費ですので、酸素ガスポンプは緊急時の酸欠防止対応や受精卵・稚魚の出荷時のビニール袋へ封入する際に用いられる程度でした。また、当時の種苗生産場の多くは加温・冷却設備が整っておらず、自然水温に合った魚種をさほど高くない収容密度で生産していましたので、酸素への需要は低かったとも言えます。しかし、数年後には、海面養殖業者によるマダイ・シマアジ・トラフグの生産意欲、陸上養殖業者によるヒラメの生産意欲が高まり、種苗生産場は限られた施設で増産を図るため、安価でかつ連続的に酸素ガスを供給できるPSAが目ざされたのでした。

そして、水中ポンプの改良を行い、エジェクターを設置するなど、PSAによる酸素を効率的に飼育水に溶解させるやり方を種苗生産業者自身が工夫し、DOを効率的に上げて収容尾数を増やす飼いが広がっていきま

がっていきました(写真1)。これらの手法は多くの種苗生産場において今も用いられており、ポンプの小型化や台数の吟味などにより、電気代や修理・交換コストの軽減も図られています。

換言すると、多くの種苗生産場が増産を図り、そのために飼育密度を高めるようになったことで、水産業界の酸素需要は高まりました。

2) 陸上養殖場への広がり、小型機種から中型機種へ

飼育水への酸素富化の有効性が認められると、種苗生産場に加えて、陸上養殖場での利用も増え、流量15NL~40NL/minの中型機種(コンプレッサ別置き型)の需要が高まりました。



写真1 PSAによる酸素ガスの溶解方法

- ①陸上ポンプ(長崎県の有松永水産)
- ②水中ポンプ
- ③エジェクター



写真2 高知県の株山崎技研 浦ノ内事業所に設置された90Lタイプ×2台
同社では20年以上にわたりPSAを使用している。



写真3 大分県内のヒラメ・トラフグ陸上養殖場に設置された90Lタイプ×2台
左側のダクトとつながっている装置(2台)はコンプレッサ。

一例を挙げると、大手のマダイ種苗生産場では、酸素富化をしていない頃の沖出しサイズの飼育密度は1,000尾~2,000尾/m²で、代謝量が増す給餌の際には酸欠にならないよう注意していました。PSAを導入したことで各飼育水槽のDO管理が可能となり、6,000尾~10,000尾/m²まで飼育密度を上げました。これにより、生産尾数が増えただけでなく、1尾あたりの光熱

費(ボイラー重油代)も低減されました。さらに、ワムシ培養槽への酸素富化による生産性向上、沖出しホースへの酸素富化による移送密度のアップ、ひいては作業時間の短縮にもつながりました。

陸上養殖場については、2000年頃より、それまでヒラメ

を育てていた水槽(8m×8m×水深0.8mなど)でトラフグを飼うところが増え、そもそもヒラメより酸素消費量の多いトラフグに酸素富化を行うことで、より早く出荷しようという動きにもなりました。実際、酸素富化をしない掛流し水槽では、1年半の飼育で出荷サイズに到達するのは1水槽あたり700尾前後であったのが、夏場に酸素富化を行ってDOを6mg/L以上に維持すると、同期間の飼育で1,000尾前後を出荷できるようになりました。酸素富化のやり方は、水槽内に水中ポンプを2台設置し、PSAによる酸素をポンプ1台当たり4NL/min、計8NL/min溶解させるなどであり、複数の飼育水槽分の酸素富化を行うため、流量90NL/minの中型機種を設置する陸上養殖場も増えました(写真2、写真3)。

停電や装置異常時の対応

PSAを利用する種苗生産場や陸上養殖場が増えると、酸素の安定供給への要求も高まりました。飼育密度を高めている水槽では、酸素富化が数時間止まっても大量の酸欠死につながるからです。ゆえに弊社では、以下のようなシステムを装備可能とし、導入を提案しています。

- ①停電からの復電時にPSAが受電すると、PSAがコンプレッサを起動し、酸素供給を自動復旧するシステム。
- ②酸素濃度の低下、PSA異常、付属コンプレッサの異常等を感知すると、それを信号出力して機械警備につなぎ、事務所や携帯電話へ通知するシステム。
- ③装置異常時には、別途設置した酸素供給設備(ポンベ、LGC、CE)への切り替えを、PSAに内蔵されたバックアップ機能により行うシステム。



写真4 20Lタイプ×3台と45Lタイプ1台の導入例
長崎県の榊長崎種苗。右写真の中央はコンプレッサ。

これらの組み合わせにより、停電や装置異常時でも酸素供給が継続可能になっています。なお、LGCはLiquid Gas Containerの略ですが、可搬式液化酸素容器を指します。CE(Cold Evaporator)はタンクローリーで運ばれてくる液体酸素を貯蔵する大型タンクのことです。

また、複数台のPSAを設置してリスクを分散するユーザーも増えました。季節によっても変化する酸素の必要量に応じてPSAを1台から3台稼働させることで、電気代の節約も図っています(写真4)。

他方、年間を通して酸素使用量の多い陸上養殖場では、敷地内にCEを設置し、液体酸素を常用するところも増えました。

酸素富化コストの低減効果

1) 液酸利用との比較

2010年頃、養鰻場でも酸素富化が盛んに行われるようになりましたが、大半のユーザーが液体酸素を採用しました。ウナギは高密度飼育が可能で魚価も高いため、酸素ガスの単価よりも供給の安定性を重視したためです。しかし近年は、PSAも選択される傾向にあります。飼料代、温調用のエネルギー代、運送費、人件費等多くのコストが高騰し、液体酸素の価格も度々改定されてきたのを受けて、酸素富化のコストも見直そうという判断になってきたと認識しています。

酸素富化のコストを試算してみましょう。流量90NL/minタイプのPSAを1ヵ月間連続運転とすると、液体酸素換算で約4,438kg/月の酸素が発生します。それに要するランニングコストは、約8kW/h(PSAが0.5kW、コンプレッサが7.5kW)分の電気代と装置のメンテナンス費用です。契約電力を19円/kWh、メン

テナンス費用を50,000円/月とすると、計159,440円/月(税別)になります。一方、液体酸素の契約単価を80円/kgとすると、4,438kg使えば355,040円/月(税別)です。その差は約20万円。PSAのイニシャルコスト(減価償却費)を含めても、年間100万円以上削減可能であり、装置導入に補助金を活用できれば、PSAによるコストダウン効果はさらに高まります。参考までに、PSAによる酸素単価を試算し(ランニングコストのみ)、液体酸素(CE利用の場合とLGC利用の場合)と比較してみました(表1)。

付言すると、CEもしくはLGCを設置している陸上養殖場・種苗生産場においても、PSAを導入する動きが見られます。やはりコスト削減を狙っている場合が多く、既存の液酸設備はバックアップに使ったりしています。PSAの吐出圧力と液体酸素の吐出圧力を調整することで、PSAの故障時や停電時も切れ目のないバックアップ対応が可能になります。

2)CO₂削減効果も

PSA導入により液酸ローリーの配達回数を減らすことでCO₂削減につなげたり、自社の契約する再生可能エネルギーで酸素を発生させることにより、カーボンニュートラルへの取り組みを表明する企業(ユーザー)もおられます。

IoT搭載システム、屋外設置型も開発

弊社では、IoTを活用して圧力・流量・酸素濃度の状態が遠隔(PCモニター)で確認できるシステムも開発し、導入も進んでいます(図2)。異常時には故障箇所も即座に特定できるので、システム復旧に要する時間の短縮にもつながります。また、完全屋外仕様のGENE-BASEシリーズも製品化しており、養鰻業界を中心に導入実績を増やしています(写真5)。 **A**

表1 PSAによる酸素単価(円/kg)の試算例

種類	単価(円/kg)	条件
PSA (酸素ガス発生装置)	36*	発生量90NL/minの機種を使用 契約電力単価19円/kWh、メンテナンス積立を50,000円/月として
CE(液体酸素)	75~95	契約単価により変動有り
LGC(液体酸素)	285~428	1本/140kg/40,000円~60,000円、 契約単価により変動有り

*イニシャルコストは含まず。酸素ガス発生量は液体酸素換算。

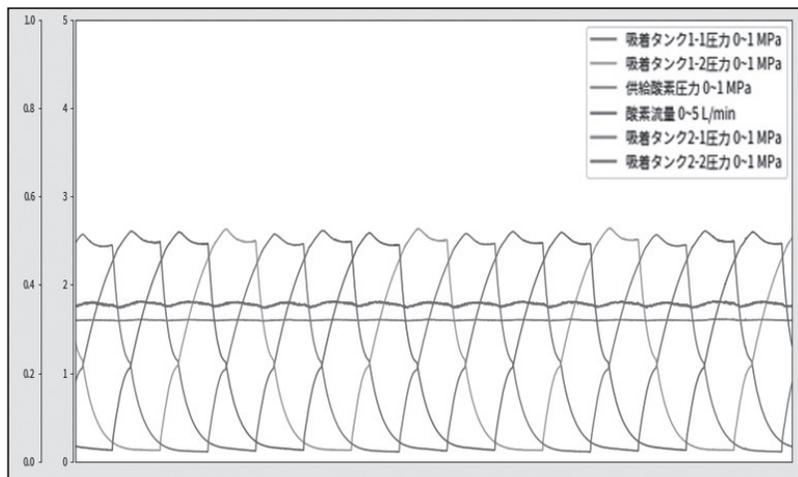


図2 IoT搭載システムのモニター画面

この画面では、供給酸素圧力、酸素流量、吸着タンクの圧力が表示されている。概ね水平の曲線(2本)が前2者。



写真5 養鰻場に設置された完全屋外仕様のGENE-BASEシリーズ機種

本稿の内容等についてのお問い合わせは下記まで。
コフロック(株)九州出張所
TEL 0942-41-0088(担当:吉富・漁崎)